

Terceras Jornadas de Astrofísica Estelar

AAA Workshop Series, Vol. 9, 2016

L. P. Bassino, Z. L. López García, L. S. Cidale & M. Lares, Eds.

CONTRIBUCIÓN MURAL - POSTER

Fotometría superficial de galaxias de tipo temprano: análisis estadístico de sus parámetros estructurales

J. P. Calderón^{1,2}, L. P. Bassino^{1,2} & S. A. Cellone^{1,2}

(1) *Instituto de Astrofísica de La Plata, CCT La Plata - CONICET – UNLP, Argentina*

(2) *Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP, Argentina*

Resumen. Se presentan resultados preliminares de un estudio estadístico de parámetros estructurales de 138 galaxias elípticas (Es) y lenticulares (S0s) del cúmulo de galaxias de Antlia ($d \sim 35$ Mpc), en base a un catálogo confeccionado con la fotometría superficial de las mismas, obtenido mediante el ajuste de modelos de Sérsic a los perfiles de brillo superficial. En particular, se realiza un análisis de las características de las isofotas en la muestra de galaxias: distribuciones de elipticidad, coeficientes de Fourier a_4 , etc.

Abstract. We present preliminary results of a statistical study of the structural parameters of 138 elliptical (Es) and lenticular (S0s) galaxies in the Antlia cluster ($d \sim 35$ Mpc), based on a catalog built through surface photometry, which was obtained by fitting Sérsic models to the galaxies' brightness profiles. We focus on the isophotal characteristics of the galaxy sample: ellipticity distributions, a_4 Fourier coefficients, etc.

1. Introducción

En este trabajo se analiza la forma de las isofotas de galaxias elípticas (Es) y lenticulares (S0s) de una muestra de 138 galaxias de tipo temprano del cúmulo de galaxias de Antlia. Este cúmulo es el tercero más cercano, a una distancia de 35 Mpc, y posee una abundante población de galaxias de bajo brillo superficial (Calderón et al. 2015) que lo hacen apropiado para estudiar las características evolutivas de galaxias de tipo temprano.

El material observacional consiste en imágenes de 4 campos obtenidas con el telescopio de 4-m de CTIO (Chile), que cubren ≈ 1.5 grados cuadrados. Para confirmar membresía se utilizaron espectros de resolución media GEMINI-GMOS y VIMOS-VLT. Se ajustaron los perfiles de brillo superficial utilizando el modelo de Sérsic, llegando a los objetos más débiles ($M_V \sim -12$ mag) del cúmulo. A partir del modelo, se obtuvieron los parámetros geométricos y estructurales de las galaxias mediante fotometría superficial. Se utilizó la tarea ELLIPSE de IRAF para obtener los parámetros que describen las desviaciones de elipses perfectas (coeficientes de Fourier a_3 y a_4), ángulos de posición y elipticidades en función del radio equivalente del perfil de brillo. En todos los casos, se realizaron ajustes de una sola componente siendo los residuos menores a 0.5 mag. De la muestra total, el 56 % de las galaxias había sido catalogado por FS90, mientras que el resto son galaxias aún no catalogadas en la literatura.

La Figura 1 muestra una composición de los cuatro campos utilizados. Se puede observar la distribución espacial proyectada de los objetos de bajo brillo superficial alrededor de las galaxias más brillantes del cúmulo: NGC 3268 y NGC 3258. Las galaxias Es, dEs y S0s de la muestra están representadas por cruces negras; en círculos rojos y azules se ubican objetos descartados como candidatos a miembro del cúmulo por nuestros criterios de selección. El Norte se encuentra hacia arriba y el Este hacia la izquierda. Este trabajo representa

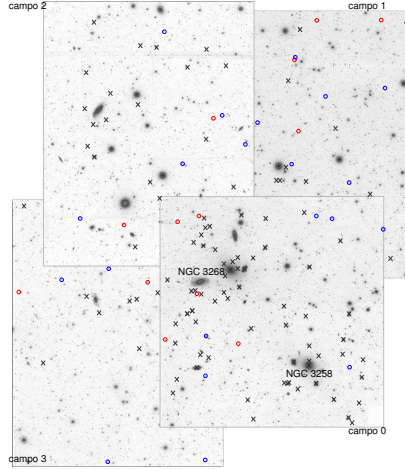


Figura 1. Composición de los cuatro campos del cúmulo de galaxias de Antlia que se utilizaron para la identificación y fotometría superficial de las galaxias que componen la muestra analizada. Las cruces negras representan la ubicación de las galaxias de tipo temprano pertenecientes a la muestra analizada, mientras que los círculos rojos y azules representan objetos descartados como candidatos a miembro del cúmulo por nuestros criterios de selección (Calderón et al. 2015).

la continuación del trabajo de Calderón et al. (2015), en el que se ha publicado el análisis de los resultados obtenidos referentes a las relaciones fundamentales entre parámetros estructurales que siguen las galaxias elípticas.

2. Perfiles de brillo superficial

Debido al número de galaxias de la muestra, se utilizó el software de reducción IRAF¹, automatizando los distintos pasos que requiere el proceso para el cálculo de los perfiles de brillo. Por otro lado, debido a la extensión de los campos MOSAIC II los métodos automáticos de detección suelen no ser efectivos para las galaxias más débiles, por lo que a pesar de la cantidad de objetos en la muestra, optamos por inspeccionar visualmente los campos para la detección de los posibles candidatos, como así también la determinación de los niveles de cielo con los que se corrigió cada perfil.

Para nuestro análisis, seleccionamos las galaxias de tipo temprano con forma elíptica sobre las imágenes. El semieje mayor a fue transformado en el radio

¹IRAF es distribuido por *National Optical Astronomy Observatories (NOAO)*.

equivalente $r = \sqrt{a b} = a\sqrt{1 - \epsilon}$ para todas las galaxias en la muestra. Los valores iniciales para el ajuste de Fourier tales como el centro geométrico, elipticidad inicial y ángulo de posición fueron estimado visualmente para cada galaxia. La intensidad $I(\theta)$ a lo largo de la elipse inicial del ajuste se describe por la serie de Fourier,

$$I(\theta) = I_0 + \sum_{n=1}^N A_n \sin(n\theta) + B_n \cos(n\theta), \quad (1)$$

donde I_0 , es la intensidad media de la elipse, N el orden armónico más alto ajustado, θ el ángulo de posición medido desde el semieje mayor, A_n y B_n las amplitudes armónicas de la serie de Fourier. Estos últimos se obtienen ya normalizados en la salida de ELLIPSE con el semieje mayor a y deben ser convertidos mediante el factor $\sqrt{1 - \epsilon}$ para renormalizar los coeficientes de Fourier al radio equivalente.

$$\frac{a_n}{a} = B_n \sqrt{1 - \epsilon} = B_n \sqrt{b/a}. \quad (2)$$

Una vez que los parámetros iniciales son ajustados, se continúa con la siguiente isofota hasta alcanzar una fracción del ruido del cielo. Los coeficientes A_3 , A_4 , B_3 y B_4 determinan la desviación de la isofota perfecta. La elipticidad y el ángulo de posición no resultan bien definidos en el centro del perfil, a lo que se suma el efecto del *seeing* que ya fue analizado en Calderón et al. (2015).

Los parámetros geométricos de la mayoría de las galaxias de la muestra, como la elipticidad o los coeficientes de Fourier, varían demasiado a lo largo del radio equivalente del perfil, de modo que no podemos tomar un valor característico que represente a cada galaxia (Bender 1989). Para comparar estos parámetros con otras propiedades globales de la galaxia, se calcularon medias pesadas de cada uno en diferentes regiones a lo largo del radio equivalente. Dividimos al perfil de la galaxia en cuatro regiones: región 1, entre el segundo de arco central (r_s) hasta 1.5 del radio efectivo (r_e); región 2, desde 1.5 r_e hasta 3.0 r_e ; región 3, desde 3.0 r_e hasta 4.5 r_e y región 4, desde 4.5 r_e hasta el fin del perfil. Siguiendo a Chaware et al. (2014), se utilizó la siguiente expresión

$$\left\langle \frac{a_4}{a} \right\rangle = \frac{\int_{r_s}^{1.5r_e} \frac{a_4(r)}{a} I(r) \sigma_{\frac{a_4}{a}}(r)^{-2} dr}{\int_{r_s}^{1.5r_e} I(r) \sigma_{\frac{a_4}{a}}(r)^{-2} dr} \quad (3)$$

que representa el valor medio pesado de a_4/a en la región 1, donde σ es la dispersión del parámetro en cuestión e $I(r)$ es la intensidad del perfil para esa dada isofota. Notar que dado que el nivel de brillo de la región 4 está cerca del nivel de cielo, es posible que el ajuste allí no sea muy preciso.

3. Resultados

En la Figura 2(a) se muestra la relación obtenida para la elipticidad en cada una de las regiones (1 a 4, de arriba hacia abajo) para toda la muestra. A medida que tomamos regiones más alejadas del centro del perfil se observa un aumento en la dispersión de la relación y un agrupamiento alrededor de $\epsilon \sim 0.1$ y $\epsilon \sim 0.2$. Por otro lado, se observa un exceso de valores positivos del coeficiente a_4 del 10 % en la región 1 distribuidos a lo largo de todo el rango de variación

de ϵ , que se mantiene aproximadamente constante hasta la región 3, mientras que en la región 4 cambia la tendencia y predominan los valores negativos del coeficiente que determina el tipo de isofotas. Aunque las regiones son tomadas de forma distinta en Chaware et al. (2014), nuestros resultados son similares en cuanto a la tendencia global de que las isofotas centrales tienen forma de disco ($a_4/a > 0$) mientras que las exteriores de caja ($a_4/a < 0$). Por último, en la figura se diferencian en rojo las galaxias dEs de la muestra que parecen trazar la relación. Mientras las galaxias más brillantes de la muestra se ubican en valores cercanos a cero en a_4/a , las más débiles toman los valores extremos en todo el rango de variación de ϵ . La relación entre el índice n de Sérsic y el coeficiente a_4 se presenta en la Figura 2(b). Al igual que en el caso anterior, la dispersión de la relación se hace mayor a medida que se toman rangos mas alejados del centro de la galaxia. Por otro lado, las galaxias con índice de Sérsic mayores tienden a tener menores desviaciones de las elipses perfectas (Hao et al. 2006). Por último, se presenta la relación entre la magnitud total integrada y el coeficiente a_4/a en la Figura 2(c). En el rango de magnitudes de las dEs ($M_{T1} > -17$ mag), se observa una leve tendencia a tener desviaciones hacia isofotas de tipo disco, que se mantiene hasta $4.5 r_e$. Mientras que para las galaxias más brillantes de la muestra, la tendencia es poseer isofotas de desviación casi nula dentro del mismo rango de variación.

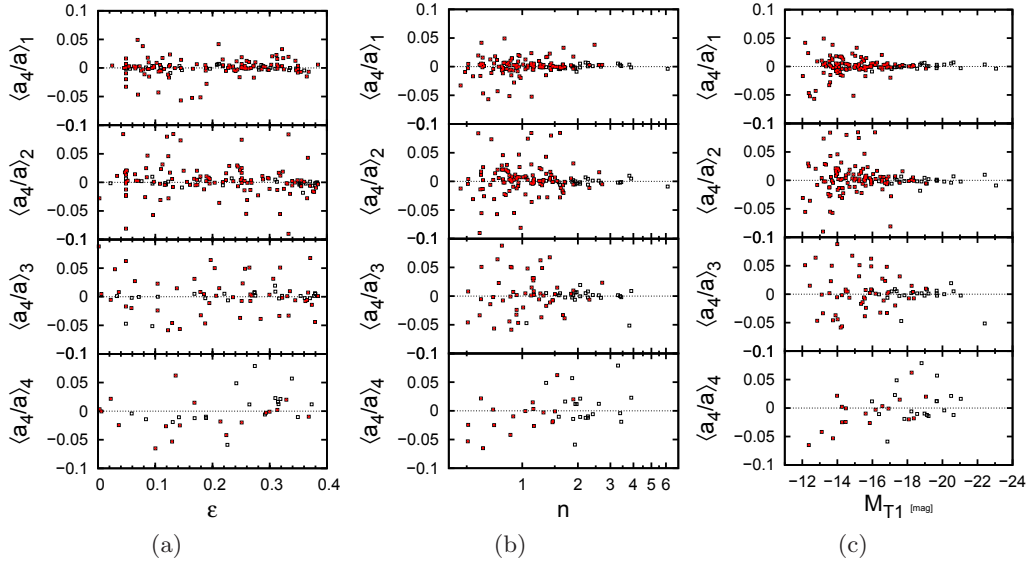


Figura 2. Relaciones entre el coeficiente a_4 y la elipticidad (a), el índice de Sérsic (b) y la luminosidad (c) a lo largo de las regiones estudiadas del perfil de brillo superficial.

Referencias

- Bender, R., Surma, P., et al. 1989, A&A, 217, 35
 Calderón, J.P., Bassino, L.P., et al. 2015, MNRAS, 451, 791
 Chaware, L., Cannon, R., et al. 2014, ApJ, 787, 102
 Hao, C.N., Mao, S., et al. 2006, MNRAS, 1339, 1350